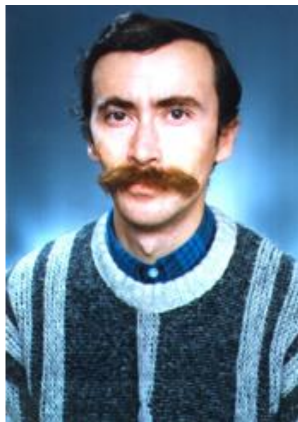
VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

МОЖЕТ ЛИ ОРГАНИЗМ ОТБИРАТЬ НОВУЮ ЦЕННУЮ ИНФОРМАЦИЮ ИЗ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ?

Мелких А. В.

Биофизика. 2002. Том.47. Вып. 6. С.1134–1139.



Мелких Алексей Вениаминович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры молекулярной физики ФТФ, УГТУ-УПИ. Преподаватель курсов «Общая физика», «Статистическая физика», «Теория информации». Включен в справочник «Кто есть кто в науке и технике» (7-е издание, 2003). Член IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Основные достижения:

1. Впервые построены (совместно с профессором Селезневым В.Д.) неравновесно-статистические модели активного транспорта ионов в биомембранах. На основе предложенных моделей получена зависимость потенциала покоя на биомембране от разности химических потенциалов АТФ-АДФ и от концентраций ионов вне клетки. Величина потенциала покоя хорошо согласуется с экспериментальными данными для разных типов клеток.

2. Доказано, что основная задача искусственного интеллекта – построение самообучающейся интеллектуальной системы – не имеет решения. Интеллектуальная система (в том числе – организм) не может приспособиться к неизвестной ситуации. Предложена детерминистская модель высшей нервной деятельности, основанная на выполнении априорных программ. Основой модели является предположение о том, что конформационные степени свободы белков являются дополнительным информационным ресурсом – хранилищем врожденной информации (априорных программ).

3. Путем статистических расчетов показано, что за счет случайных мутаций организмы не могли возникнуть за реальные времена.

4. Построены (совместно с профессором Селезневым В.Д.) модели автоколебаний при течении газов и жидкостей в каналах.

Рассматривается процесс отбора новой информации организмом – обучение. Поскольку для принятия решений ключевые образы должны быть априорно заданы, то накопление знаний (обучение) на основе распознавания образов невозможно. Показано, что единственным физическим процессом, происходящим при возникновении внешнего сигнала, является запуск априорных программ. Построена эквивалентная биофизическая схема распознавания образов и принятия решений организмом, в которой сигнал, полученный рецептором, приводит к синтезу одного из возможных катализаторов. Катализатор запускает соответствующий ему термодинамический процесс. Информация, содержащаяся в организме, при этом не меняется.

***Ключевые слова*: Ценная информация, обучение организма, нейросистема, ключевые образы, изменение энтропии, машина Тьюринга.**

ВВЕДЕНИЕ

Информационные аспекты взаимодействия организма с окружающей средой исследовались неоднократно (см., например [1–13]). В частности, одним из важных понятий, описывающих такое взаимодействие, является ценность информации [14]. Принято считать, что любой организм может обучаться, то есть производить отбор новой ценной информации из окружающей среды. В этом смысле ответ на вопрос, вынесенный в заголовок статьи, кажется очевидным. Ребенок учится говорить, человечество передает опыт от поколения к поколению, обезьяна способна освоить язык жестов и т.д. То есть считается, что все организмы, начиная от бактерий, имеют способность к обучению определенного типа.

Существуют различные модели организма (клетки), в которых он моделировался в виде некоторой машины, являющейся физической реализацией алгоритма. Однако при этом возникла одна существенная трудность: дело в том, что опыт построения искусственных интеллектуальных систем, показывает, что такие системы обучить невозможно, а можно лишь запрограммировать (приготовить). Машина не может писать программу сама для себя!

Чтобы разрешить эту проблему, необходим детальный анализ процессов, происходящих в организме в ситуации, когда он воспринимает новый, неизвестный ему сигнал. Как при этом меняется биологическая информация (энтропия)? Какому же физическому процессу соответствует понятие «обучение» организма?

ЧТО ПРИНЯТО ПОНИМАТЬ ПОД ТЕРМИНОМ «ОБУЧЕНИЕ»?

С точки зрения математической психологии под обучением понимается процесс приобретения всякого нового опыта организмом [15–17]. При этом предполагается, что система обладает способностью к обучению. Однако природа такой способности не обсуждается. В ряде работ моделируется приобретение знаний интеллектуальной системой. Однако при этом предполагается, что существуют программы, способные приобретать знания. Для этого, естественно, в программе должно быть заранее определено, что именно является знанием, а что нет.

Физиологические основы условных рефлексов заложены Павловым И.П. (см., например [18]). Причем условный рефлекс понимается, как обучение организма реакции на внешний раздражитель. Н.А. Бернштейн [7] считал, что в программе, существующей внутри организма «должен обязательно находиться предвосхищенный образ результата» (то есть – эталон). Однако откуда же взялся этот образ? Может ли он появиться в системе в результате обучения?

Этология так же утверждает, что неотъемлемой частью поведения многих животных является обучение. Прежде всего, это относится к высшим животным (птицам, млекопитающим), и в меньшей степени – к низшим. Считается, что существует довольно значительная часть поведения животных, не заданная генетиче-

ски, приобретаемая в процессе обучения [19]. Поэтому, на основании данных физиологии и этологии сделан вывод о том, что организм обладает некоторой способностью к обучению. Для моделирования такой способности как раз и предложены нейронные сети, которые, как предполагается, в главном обладают свойствами реальных нейронных систем. Однако под «обучением» нейросетей понимается нечто совсем иное, чем обучение организма.

Работа нейропроцессора начинается с предъявления образа. Предъявление образа (ввод первичного набора признаков), производится следующим образом [5, 20-24]. В начальный момент по внешним связям подаются сигналы, переводящие определенные элементы в активное состояние. Предъявленный образ поддерживается некоторое время, в течение которого связи «обучаются» (т.е. проводимость связей, по которым течет ток, уменьшается). После обучения процессор может распознавать экзаменуемые объекты, соотнося их с определенным классом из тех которым он был обучен.

Все дело в том, что операция предъявления образа не может выполняться самопроизвольно и заключается в начальной фиксации связей между нейронами. То есть нейросистема должна быть изначально приготовлена в определенном состоянии, и сама она этого сделать не может. Наиболее точное определение «обучения» сети дано в [20]: “разработка всевозможных алгоритмов построения синаптический связей, гарантирующих запоминание тех наборов образов, которыми почему-либо хотят заполнить память сети те или иные исследователи”. Здесь слово “обучение” совершенно справедливо поставлено в кавычки, поскольку это ни что иное, как задание начальных условий для системы. Именно исследователи задают этот набор образов, но не сам организм путем распознавания образов! Таким образом, мы имеем два существенно различных процесса: задание ключевых образов (начальных условий в нейронной сети), и накопление информации (увеличение ее количества), происходящее путем распознавания образов организмом.

Но если обучение существует, то в природе оно происходит именно путем распознавания образов! То есть рецепторы организма получают сигналы извне, в результате чего организм обучается. Для того, чтобы прояснить физическую сущность этого процесса, рассмотрим обработку информации некоторой машиной (интеллектуальным роботом).

ОРГАНИЗМ КАК МАШИНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Будем моделировать деятельность организма с помощью наиболее простой, и вместе с тем, наиболее общей машины – машины Тьюринга. В основе такого моделирования лежит известный принцип Черча-Тьюринга, согласно которому любой физический процесс может быть смоделирован на универсальной машине Тьюринга [25, 26]. Простейшая машина Тьюринга состоит из ленты, на которой записаны входные данные, записывающей головки (имеющей конечный заданный набор возможностей) и ленты с выходными данными. В настоящее время рассматривается так же множество более сложных вариантов машины Тьюринга [27, 28].

Но машину Тьюринга обучить принципиально ничему нельзя! Можно лишь извне (априорно) задать ей определенные правила поведения, алфавит. Принципиально, что сама машина правил для себя создать не может.

Если теперь перейти от машины Тьюринга к более сложным машинам, то легко видеть, что ситуация принципиально не изменится. Фон Нейман [29] говорил об эволюции автомата, как о запрограммированном процессе. То есть, чтобы получить сложное поведение, надо составить сложную программу, в которой предусмотреть все возможные варианты. Во всех системах приобретения знания интеллектуальной системой [9, 16, 30, 31] явно или неявно предполагается, что есть набор программ, которые могут эти знания получать, распознавать и т.д. Но эти программы не могут возникнуть самопроизвольно. Они должны быть введены в систему искусственного интеллекта извне.

Проведем мысленный эксперимент. Пусть в организме имеется M эталонов $A_1,\dots, A_M$ (рис.1).

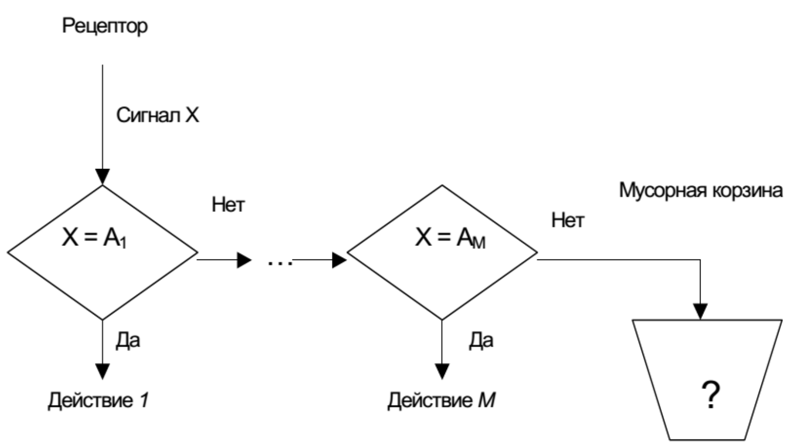


Рис. 1 Схема распознавания образов и принятия решений интеллектуальной системой

Пусть организм встречается с новой ситуацией (новым образом), для которой не существует эталона из имеющегося набора. С одной стороны, организм может просто не заметить этот образ и не предпринимать

никаких действий (так же как, например, ультрафиолетовый свет не приводит ни к каким действиям при отсутствии соответствующих зрительных рецепторов).

С другой стороны, организм мог бы попытаться каким-нибудь образом обработать этот сигнал. Например, сделать его новым эталоном. Но как узнать, годится ли новый образ для этого? Допустим, что в организме существует алгоритм формирования новых эталонов. Этот алгоритм может быть реализован только на основе уже имеющихся эталонов:

$$\mathbf{A_{M+1} = F\ (A_1,\ldots A_M)}$$

Но A_{M+1} не может быть эталоном, поскольку основным свойством эталонов является их независимость друг от друга. Такое свойство имеет место, например, в алфавите, используемом машиной Тьюринга.

Можно попытаться просто сравнивать приходящие сигналы на предмет их повторяемости. Но что при этом будет происходить?

Пусть имеется нераспознанный сигнал X_1. Через некоторое время приходит сигнал X_2. Что даст их сравнение между собой? Поскольку эталонов больше нет, то организм не только не сможет определить, что для него важнее: X_1 или X_2, но и не сможет отделить любой из этих сигналов от шума! Таким образом, сколько бы сигналов организм ни складывал в “мусорную корзину”, никакого алгоритма, который мог бы делать что-нибудь с этими данными у организма нет.

Нераспознанный сигнал не имеет никакой ценности, поскольку не будет способствовать или препятствовать достижению цели.

Если рассматривать клетку как компьютер, то легко видеть, что распознаванию образов соответствует синтез определенного (высоко специфичного) катализатора (фермента). После распознавания образов и принятия решения макромолекулы, реализующие действие термодинамических сил, будут находиться в некоторых состояниях. Однако они не будут более упорядоченными. Количество же независимых термодинамическимх сил останется неизменным.

Эквивалентная молекулярная схема будет выглядеть следующим образом (рис.2):

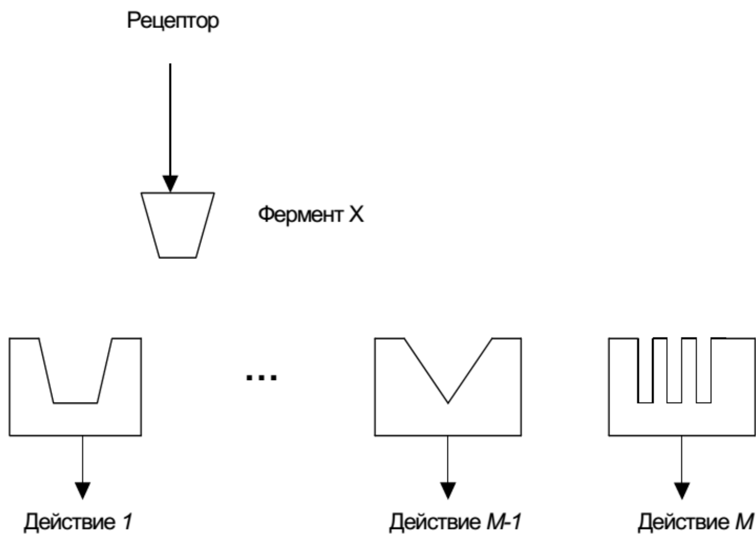


Рис. 2 Эквивалентная биофизическая схема распознавания образов и принятия решений

В данном случае действия соответствуют термодинамическим потокам.

Вывод: анализ современных подходов к построению искусственного интеллекта показывает, что эвристические программы и другие способы всегда подразумевают априорное задание тех свойств, которым машину необходимо обучить. Часто такое свойство программ рассматривается как их недостаток. Однако это не недостаток, а принципиальный запрет.

УСЛОВНЫЕ И БЕЗУСЛОВНЫЕ РЕФЛЕКСЫ

На основе данных физиологии [18, 32] рассмотрим схематически работу безусловного и условного рефлексов. В случае безусловного рефлекса на рецептор поступает некоторый сигнал X, и далее происходит сравнение этого сигнала с эталоном – A. Если сигнал совпадает с эталоном, то совершается определенное действие S_1. Если сигнал не совпадает с эталоном, действие не совершается.

Теперь посмотрим, что собой представляет простейший условный рефлекс. Рецептор воспринимает два сигнала X и Y. Каждый из них проходит проверку на соответствие эталонам A и B. Далее, если идентифицированные сигналы A и B совпадают некоторое (заданное) количество раз K, то сигнал B уже в отсутствие сигнала A начинает вызывать действие S_2.

Происходит ли при этом обучение организма? Константа K в счетчике совпадений является эталоном, который должен быть априорно задан. В организме должны существовать эталоны A и B, в противном случае организм не сможет распознать оба эти сигнала. То есть в организме вся программа условного рефлек-

са (со всеми возможными результатами) уже априорно существует. В таком случае никакого обучения не произошло. Организм просто выполнил определенное запрограммированное действие. Понятно, что при этом необходимо выполнение определенных условий. Но ведь и безусловный рефлекс может быть сложным (комплексным), а значит он будет содержать целый набор условий. Например, распознавание сложного образа происходит иерархически, т.е. путем последовательной проверки выполнения многих условий.

Вывод: условный рефлекс отличается от безусловного только внешне (по наблюдениям физиологов). Реализация того и другого вида рефлексов происходит на уровне элементарных процессов совершенно одинаково в том смысле, что и тот и другой процессы являются детерминистскими (заранее запрограммированными), и при этом никакой новой информации в организме не возникает.

ИЗМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ ОРГАНИЗМА В ПРОЦЕССЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Мерой количества накопленных организмом знаний может служить биологическая информация (энтропия) системы. Условимся сразу рассматривать информацию в смысле Кастлера [6]. То есть, это макроинформация, которая может восприниматься и храниться достаточно долгое время.

Рассмотрим изменение информации в организме, происходящее в результате распознавания образов и принятия решений. При этом макромолекулы и другие макроскопические структуры перейдут в новые состояния в соответствии с заранее заданными правилами. Если такие переходы однозначно определяются механикой системы, то энтропия (информация) при этом не изменится. Необратимые процессы могут привести только к росту энтропии (потере информации).

Могут ли процессы самоорганизации изменить ситуацию? Нет никаких оснований предполагать, что произвольный процесс самоорганизации обязательно приведет к адекватному поведению организма. Самоорганизация – лишь форма осуществления определенной программы, но если мы не зададим параметры программы (управляющие параметры системы), то и не приходится ожидать, что она выполнит то, что мы хотим. Для осуществления заданных состояний необходимо соответствующим образом приготовить начальные и граничные условия. Необходимо заранее знать, что именно при этих значениях управляющих параметров будет происходить неравновесный фазовый переход, и возникнет вполне определенная диссипативная структура.

Количество информации можно так же определять через сложность системы [33]. При этом сложность алгоритмов системы так же не меняется, поскольку она определяется числом ключевых образов.

Тогда никакой генерации новой информации в процессе мышления (эволюции) не происходит. «Новой» ее можно назвать только в одном смысле: эта информация соответствует определенному моменту времени динамической системы (как, например, координата). В физике это соответствует ситуации, когда новая переменная не является независимой. +Тогда существует преобразование координат, однозначно переводящее новые переменные в старые переменные.

Таким образом, если построение, приготовление, программирование организма обучением не называть (это более или менее очевидно, поскольку организм не может этого сделать сам), то обучения не существует вообще!

В некотором смысле можно считать организм черным ящиком, на вход которого подаются некоторые сигналы, а на выходе принимаются решения. Такой черный ящик в независимости от того, как он устроен, должен иметь эталоны и программу работы с ними.

Что же на самом деле происходит, когда организм встречается с чем-то новым? Происходит запуск априорных программ. Причем этот запуск происходит при выполнении определенных условий. Наблюдая за организмом, мы не можем с уверенностью утверждать, что регистрируемый сигнал является новым для организма. Просто данная программа никак себя раньше не проявляла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показано, что организм не может отбирать новую ценную информацию из окружающей среды. При каком-либо изменении в окружающей среде организм распознает это изменение (при наличии соответствующего эталона), в результате чего будут запущены априорно существующие в организме программы. В противном случае (если сигнал остался нераспознанным) он никак не отреагирует на возникшее изменение (нераспознанный сигнал не имеет никакой ценности). В результате количество информации, которым обладает организм, не может увеличиваться в процессе распознавания образов (все эталоны организма должны быть априорно заданы и не возникают в процессе распознавания и принятия решений).

Список использованной литературы:

1. Волькеншнейн М.В. Теория информации и эволюция //Кибернетика живого. Биология и информация, М.: Наука, 1984. С. 45-54.
2. Либерман Е.А. //Биофизика. Т. 34. вып. 5. 1989. С. 913-925.
3. Либерман Е.А., Минина С.В., Шкловский-Корди Н.Е. //Биофизика. Т. 46. вып. 4. 2001. С. 765-767.
4. Иванов Н.В. //Биофизика, 2000, Т. 45, Вып.5, С. 954-957.
5. Чернавский Д.С. // Успехи физических наук. Т.170. №2. 2000. С. 157-183.
6. Кастлер Г. Возникновение биологической организации, М.: Мир, 1967.
7. Бернштейн Н.А. Очередные проблемы физиологии активности // Проблемы кибернетики. 1961. Вып. 6. С. 101-160.
8. Иваницкий Г.Р. Нейроинформатика и мозг. М.: Знание, 1991. 63 с.
9. Напалков А.В., Брагина Л.Л. Мозг человека и искусственный интеллект, Изд-во МГУ, 1985. 126 с.
10. Andrew A.M. Artificial intelligence, Viable Systems Chillaton, Devon (U.K.), Abacus Press, 1983.
11. Чайлахян Л.М. Истоки происхождения психики, или сознания, ОНТИ Путинского научного центра РАН, Пущино, 1992. 197 с.

12. Черчленд П.М., Черчленд П.С. // В мире науки. №3. 1990. С. 14-21.
13. Сирл Дж. // В мире науки. №3. 1990. С. 6-13.
14. Бонгард М.М. Проблемы узнавания. М.: Наука, 1967.
15. Аткинсон Р., Бауэр Г., Кротерс Э. Введение в математическую теорию обучения, М.: Мир. 1969. 486 с.
16. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. Основы теории и технологии. М.: Физматлит. 1997. 112 с.
17. Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта. Эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение. 1990. 448 с.
18. Павлов И.П. Лекции по работе больших полушарий головного мозга. Полное собр. сочинений. М.: Издательство АН СССР, 1951, Т. 4.
19. Корочкин Л.И., Михайлов А.Т. Введение в нейрогенетику, М.: Наука. 2000. 274 с.
20. Введенский В. Л., Ежов А. А. Ритмы мозга и самовоспроизведение информации // Природа. 1990, №4, С. 33-44.
21. Grossberg S. Studies of Mind and Brain. Boston: D.Riedel Publ. Co., 1982.
22. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия “Телеком”, 2001. 361 с.
23. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. М.: Мир, 1991. 240 с.
24. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 336 с.
25. Turing A.M. On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem // Pro-ceedings of LMS. Ser.2. V. 42, № 3-4. P. 230-265. 1936.
26. Тьюринг А. Может ли машина мыслить? М., Изд-во физ-мат. Литературы, 1960.
27. Bennett C.H. // IBM J. Res. Develop. 17, 525. 1973.
28. Benioff P. // Jour. Stat. Phys., 1982, V. 29, № 3, P. 515-546.
29. Нейман Дж. фон Теория самовоспроизводящихся автоматов, М.: Мир, 1971. 382 с.
30. Горский Н., Анисимов А., Горская Л. Распознавание рукописного текста. От теории к практике. Санкт-Петербург, «Политехника», 1997. 126 с.
31. Каляев И.А., Гайдук А.Р. Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов, М.: «Янус-К», 2000. 280 с.
32. Блюм Ф., Лейзерсон А., Хофстедтер Л. Мозг, разум и поведение, М.: Мир, 1988. 248 с.
33. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов, М.: Наука, 1987. 303 с.

Melkikh A.V. CAN ORGANISM SELECT NEW SIGNIFICANT INFORMATION FROM ENVIRONMENT?

Ural state technical university, 620002, Ekaterinburg, Mira street, №19

The process of new information selection by organism – “learning” is considered. To take a decision key patterns have to be set a priori, and so knowledge accumulation (learning) based on pattern recognition is impossible. It is shown that the only physical process, taking place during external signal arising is a priori programmes starting. Equivalent biophysical scheme of pattern recognition and taking a decisions of organism in which signal received by receptor brings to synthesis of one of possible catalysts is constructed. Catalyst started up corresponding thermodynamic process. Information which organism contains is not changed during this process.

Key words: Significant information, organism learning, neurosystem, key patterns, entropy change, Turing machine.